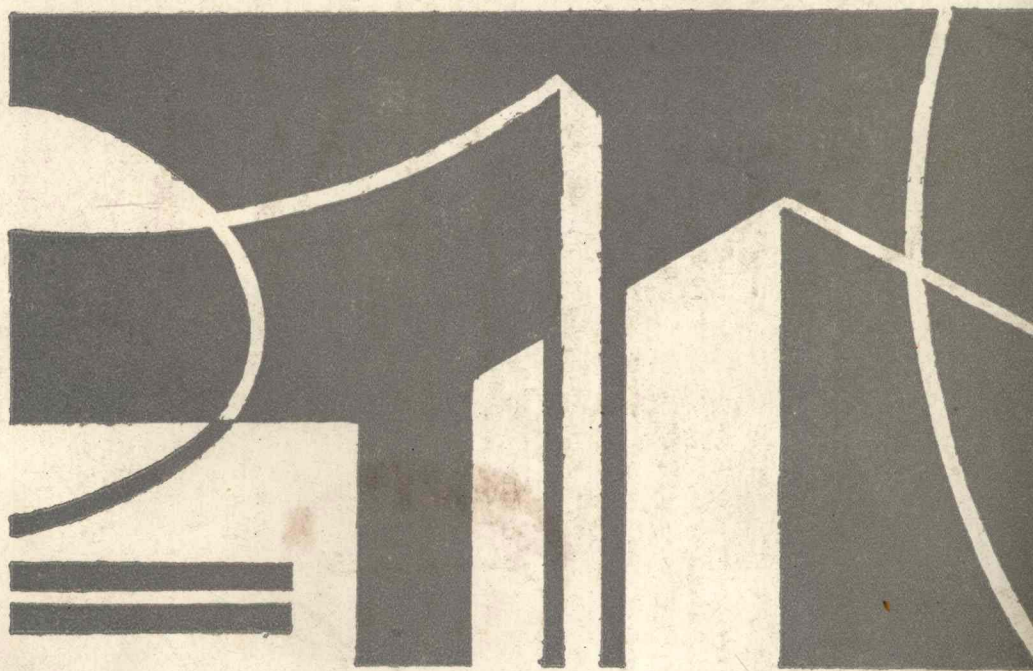


中等专业学校试用教材

工业管道工程

上册

黑龙江省建筑工程学校 编



中国建筑工业出版社

中等专业学校试用教材

工业管道工程

上册

黑龙江省建筑工程学校 编

中国建筑工业出版社

前 言

《工业管道工程》是水暖与通风专业新设置的一门专业课。其目的是使学生掌握管道工程材料附件选用与计算的基本方法、施工安装的特殊要求和几种常见动力供应管路系统的原理、流程与构造，为从事工业管道施工提供必要的知识。

管道材料附件的选用、计算及其施工安装的特殊要求，是从事管道工程设计与施工的基本知识。本书根据本课教学大纲的要求，编写了工业管道的基本知识、钢管与法兰、高压钢制化工管道的安装、有色金属与高硅铸铁管道、管道阀门、管道补偿器、耐腐蚀非金属材料与衬里管道、管道绝热与伴热、管外防腐等九章内容。其中工业管道的基本知识、钢管与法兰、管道阀门、管道补偿器、管道绝热与伴热等五章是本课的重点。在这些章节中编写了选用计算例题，并适当地编入了解题所必需的图表和技术标准。

各校在使用本教材时，首先要保证重点章节的教学时数。对非重点章节，可根据本校安排的教学时数灵活掌握，或全部讲授，或选讲某些章节，或做概括介绍，有的章节也可不讲，而做为学生的自学材料。在讲授本书上册时，要注意和其它专业课的配合，以在多数专业课开课以前讲授为宜，避免互相重复。

本书第一、二、三章由黄润甲编写；第四、五章由赵恩卿编写；第六章由赵恩卿、黄润甲共同编写；第七章由胡炽铃编写；第八章由胡炽铃和黄润甲共同编写；第九章由胡炽铃编写。全书由黄润甲主编，由哈尔滨建筑工程学院王义贞副教授主审。

本书是初次编写，由于水平所限，错误在所难免，希读者批评指正。对本书的意见请寄：哈尔滨市南岗区十字街黑龙江省建筑工程学校教务科。

编 者

一九八二年十二月

目 录

第一章 工业管道的基本知识.....	1
第一节 工业管道的概念.....	1
第二节 管子与管路附件标准化的基本概念.....	1
第三节 工业管道的分类及其特性.....	6
第二章 钢管与法兰	10
第一节 钢管按钢种的分类.....	10
第二节 钢管按制造方法与用途的分类.....	15
第三节 钢管的选择与壁厚计算.....	22
第四节 钢管法兰.....	34
第五节 法兰紧固件和垫片的选用.....	43
第六节 钢管开孔的补强.....	47
第三章 高压钢制化工管道的安装	53
第一节 概述.....	53
第二节 高压螺纹法兰连接.....	56
第三节 焊制和弯制高压管件.....	58
第四节 高压管子与附件的验收检查.....	61
第五节 高压管道的加工安装与试验验收.....	64
第四章 有色金属与高硅铸铁管道	72
第一节 铝与铝合金管及其安装.....	72
第二节 铅管及其安装.....	76
第三节 铜管及其安装.....	79
第四节 高硅铸铁管及其安装.....	83
第五章 管道阀门	87
第一节 阀门的组成与分类.....	87
第二节 闸阀.....	90
第三节 截止阀和节流阀.....	91
第四节 其它通用闭路阀门.....	92
第五节 阀门的型号、标志和识别.....	95
第六节 闭路阀门的选用	103
第七节 减压阀及其选用与安装	107
第八节 安全阀及其选用与安装	112
第九节 疏水阀及其选用与安装	121
第六章 管道补偿器	128
第一节 管道热补偿的基本概念	128
第二节 方形补偿器及其计算	135

第三节	管路自然热补偿	148
第四节	波形补偿器与套管补偿器	155
第五节	补偿器的冷紧	159
第六节	固定支架的受力计算与跨距	162
第七章	耐腐蚀非金属与衬里管道	167
第一节	硬聚氯乙烯管及其连接与安装	167
第二节	耐酸酚醛塑料管及其连接与安装	175
第三节	玻璃管及衬玻璃管	178
第四节	玻璃钢管	182
第五节	陶瓷管及其连接件	183
第六节	衬橡胶管及其施工	186
第七节	搪瓷管与管件	191
第八章	管道绝热与伴热	194
第一节	管道常用绝热材料	194
第二节	绝热结构与施工	200
第三节	管道绝热计算	205
第四节	蒸汽伴热	216
第九章	管道外部防腐	219
第一节	管外用防腐涂料及其选择	219
第二节	涂料施工	229
第三节	埋地钢管的沥青绝缘防腐	231
附录 I	管道常用钢制法兰系列	235
附录 II	碳钢波形补偿器系列	249
附录 III	x 与 $x \ln x$ 函数表	253

第一章 工业管道的基本知识

第一节 工业管道的概念

在现代工业企业中，设有各种各样的管道，错综复杂，种类繁多，但按其基本特性，可分为两大类：

一类是为生产输送介质、为生产服务的管道，称为工业管道。

另一类是为生活或为改变劳动卫生条件而输送介质的管道，称为卫生工程管道，通常又叫暖卫或水暖管道，例如输送生活用水、蒸汽、煤气和采暖热媒以及生活污水、雨水、消防用水的管道等等。

在工厂或车间里，凡输送下列介质的管道，均属于工业管道：

1. 原料、半成品和成品；
2. 在生产过程中获得的和消耗的中间介质；
3. 为保证生产操作过程所使用的辅助材料；
4. 生产废料。

在石油、化工、轻工、电力以及其它工业企业中，按照产品生产工艺流程的要求，工业管道把生产设备连接成完整的生产工艺系统。产品生产有赖于管道的运转畅通。因此，工业管道是许多产品生产工艺系统中不可分割的组成部分，离开它就不能生产。

由于工业管道是生产工艺系统中的管道，所以又可笼统地称为工艺管道。但严格地说，工艺管道是指直接为产品生产输送各种物料介质的管道，也叫物料管道。而为生产输送辅助材料、间接为生产服务的管道叫辅助管道。

在机械工业等工厂企业中，输送介质是生产设备的动力媒介物的管道叫动力管道。常见的动力管道有热力管道、压缩空气管道、氧气管道、乙炔管道、供油管道等。生产或供应这些动力媒介物的站房，称为动力站，如压缩空气站、乙炔站、供油站等。在工厂企业中，包括动力站在内的动力管道系统较为普遍，是工业管道工程的重要组成部分。

工业管道和卫生管道的根本区别是，工业管道为生产输送介质，并与生产设备相连接，是为生产服务的；卫生管道为生活输送介质，常与卫生用具相连接，是为生活服务的。

卫生管道属于建筑安装工程，它的设计和施工，应遵守建筑安装工程中的有关技术标准和规范。工业管道属于工业设备安装工程，它的设计和施工，应遵守工业设备安装工程的有关技术标准和规范。

第二节 管子和管路附件标准化的基本概念

在管道工程中，要使用大量的金属和非金属管材（统称为管子），和各种各样的阀门、接头配件以及小型部件（统称为管路附件）。管子和管路附件的标准化就是制定出这

些制品的类型、规格和质量的统一技术标准，统一产品的设计、制造和供应工作，以便于生产和选用。我国的技术标准，分为国家标准、部颁标准、局颁标准、企业标准和地方标准。每种技术标准，都用标准代号表示。技术标准代号，由标准类别代号、标准顺序号和颁发年号组成。例如《管子与管路附件的公称通径》技术标准代号为 GB1047—70。其中 GB 为标准类别代号，系国家标准，即国标二字拼音字母的缩写；1047 为标准顺序号，是指第1047号国家标准；70为颁发年号，是指1970年颁发的。管道工程中常用的技术标准代号见表1-1。

管道工程常用技术标准代号

表 1-1

序 号	标 准 名 称	标 准 代 号
1	国家标准	GB
2	冶金工业部标准	YB
3	机械工业部机械工业通用标准	JB
4	机械工业部化工通用机械标准	TH
5	原一机部一局化工通用机械企业标准	Q/TH
6	原一机部锅炉标准	G
7	化学工业部标准	HG
8	化学工业部基建总局标准	HSB; 化基规
9	石油工业部标准	SY
10	石油工业部石油机械标准	SYB (SYJ)
11	水力电力部标准	SD
12	原煤炭工业部标准	MT
13	原劳动部标准	LD
14	原建筑工程部标准	JZ (JG)
15	原建筑材料工业部标准	JC

当前，管子与管路附件基本上已经标准化。国家和有关部门颁发了一系列的技术标准。在这些技术标准中，公称通径标准和公称压力标准是两个最基本的标准。

一、管子与管路附件的公称通径标准

为了使管子与管路附件能够相互连接，其接合处的口径应保持一致。所谓公称通径（或叫公称直径）就是各种管子与管路附件的通用口径。公称通径一般和制品的内径相近似，有的制品（如阀门）其公称通径等于内径。但大多数制品的公称通径，既不等于内径，也不等于外径，而是一种称呼直径，所以又叫名义直径。至于制品的实际内径和外径，根据制品的结构特征，由各制品的技术标准来规定。但是，无论其外径或内径是多大，管子都能够与公称直径相同的管路附件相连接。

现行的管子与管路附件的公称通径标准（GB1047—70）列于表1-2。从表中看出，公称通径由1~4000mm共分51个级别。其中15、20、25、32、40、50、65、80、100、125、150、200、250、300、350、400、500、600、700等十九种规格是管道工程常用的通径。

对采用管螺纹连接的管子，其公称通径在习惯上也有利用英制管螺纹尺寸（英寸）表示的。表1-2中列出了公称通径所相当的管螺纹尺寸。

公称通径以 D_g 表示，其后附加公称通径尺寸。如公称通径 50mm，记作 $D_g 50$ 。有时也可用相当的管螺纹尺寸表示，如 $D_g 2"$ 。

管子与管路附件的公称口径 (GB1047—70)

表 1-2

公称口径 (mm)	相当的管 螺 (in)	公称口径 (mm)	相当的管 螺 (in)	公称口径 (mm)	相当的管 螺 (in)	公称口径 (mm)	公称口径 (mm)	公称口径 (mm)
1	—	20	¾"	150	6"	500	1500	3200
2	—	25	1"	175	—	600	1600	3400
3	—	32	1¼"	200	—	700	1800	3600
4	—	40	1½"	225	—	800	2000	3800
5	—	50	2"	250	—	900	2200	4000
6	—	65	2½"	300	—	1000	2400	
8	1/4"	80	3"	350	—	1200	2600	
10	3/8"	100	4"	400	—	1300	2800	
15	1/2"	125	5"	450	—	1400	3000	

注：表中公称口径65mm，过去曾使用过70mm，公称口径80mm，过去曾使用过75mm。

二、管子与管路附件的公称压力与试验压力标准

在管子与管路附件中流动的介质，都具有一定的压力和温度。用不同材料制造的管子与管路附件，其所能承受的压力，受介质工作温度的影响。随着温度的升高，材料强度要降低。同一制品在不同的温度下，具有不同的耐压强度。所以，必须以某一温度下，制品所允许承受的压力，做为耐压强度的判别标准，这个温度称为基准温度。制品在基准温度下的耐压强度称为“公称压力”，用符号 P_g 表示，如公称压力为25kgf/cm²，可记为 P_g25 。用不同材料制造的制品，其基准温度不同，铸铁和铜制品的基准温度采用120°C，钢制品的基准温度采用200°C，但合金钢制品的基准温度也可采用250°C。制品在基准温度下的耐压强度接近常温强度，即公称压力接近常温下的耐压强度。

管子与管路附件在出厂前，必须进行压力试验，检查其强度与密封性。对制品进行强度试验的压力，称为“试验压力”，用符号 P_s 表示。从安全观点出发，试验压力必须大于公称压力。而制品的密封性试验，常以公称压力进行。

现行的管子与管子附件的公称压力和试验压力标准 (GB1048—70) 列于表1-3。每种管路附件都必须隶属于表中所列的某一公称压力值，有时将该公称压力值直接标示在制品上，以明确表示该制品的耐压强度标准。从表1-3中看出，公称压力由0.5~2500kgf/cm²共有26个级别。其中2.5、6、10、16、25、40、64、100、160、200、320等十一个级别是

管子与管路附件的公称压力和试验压力 (GB1048—70)

表 1-3

公称压力 P_g (kgf/cm ²)	试验压力 P_s (kgf/cm ²)	公称压力 P_g (kgf/cm ²)	试验压力 P_s (kgf/cm ²)	公称压力 P_g (kgf/cm ²)	试验压力 P_s (kgf/cm ²)	公称压力 P_g (kgf/cm ²)	试验压力 P_s (kgf/cm ²)
0.5	—	25	38	200	300	1000	1300
1	2	40	60	250	380	1250	1600
2.5	4	64	96	320	480	1600	2000
4	6	(80)	(120)	400	560	2000	2500
6	9	100	(150)	500	700	2500	3200
10	15	(130)	(195)	640	900		
16	24	160	240	800	1100		

注：公称压力200 kgf/cm²，过去曾使用过220 kgf/cm²，现在也有使用的。

管道工程中常用的。值得注意的是表中所列的试验压力，是指工厂制造产品于出厂前进行强度试验的压力，并不是管路系统的试验压力。关于管路系统的试验压力，在本书下册的有关章节中介绍。

三、公称压力、工作温度和工作压力的关系

制品的公称压力是指基准温度下的耐压强度。但在大多数情况下制品并非在基准温度下工作。随着工作温度的变化，制品的耐压强度也跟着变化。所以，隶属于某一公称压力值的制品，究竟允许承受多大的工作压力，要由介质的工作温度来决定。这就需要知道制品在不同的工作温度下公称压力和工作压力的关系。为此，必须通过强度计算，找出制品的耐压强度与温度之间的变化规律。在工程上，通常是按照制品的最高耐温界限，把工作温度分成几个等级，并计算出在每个工作温度等级下，制品的允许工作压力相当于公称压力的百分数。例如，用优质碳素钢制造的制品，工作温度可分为十一个等级，在每一工作温度等级下，用公称压力百分数表示的最大工作压力见表1-4。

优质碳素钢制品公称压力与工作压力的关系 表 1-4

温 度 等 级	温 度 范 围	最大工作压力	温 度 等 级	温 度 范 围	最大工作压力
1	0~200℃	P_g	7	351~375℃	$0.67P_g$
2	201~250℃	$0.92P_g$	8	376~400℃	$0.64P_g$
3	251~275℃	$0.86P_g$	9	401~425℃	$0.55P_g$
4	276~300℃	$0.81P_g$	10	426~435℃	$0.50P_g$
5	301~325℃	$0.75P_g$	11	436~450℃	$0.45P_g$
6	326~350℃	$0.71P_g$			

用其它材料制造的制品，同样地也可以分成不同的工作温度等级，并计算出在每一工作温度等级下所允许承受的最大工作压力。这样，我们可以制订出各种制品的公称压力、工作温度和最大工作压力的换算关系，编制成便于应用的表格，以便按照制品的公称压力和介质的工作温度来确定所允许承受的最大工作压力；或者按照介质的工作压力和工作温度，来确定制品的公称压力，并用这个公称压力来选择管路附件。表1-5至表1-7，分别列出了钢制品、铸铁制品、铜制品的公称压力、工作温度和最大工作压力的关系。这些表格称为制品的“温压表”，在选择管路附件时要经常使用。

由于工作压力是指给定温度下的操作压力。所以，有时在工作压力的符号 P 下加注缩小10倍后的工作温度。例如，在550℃下的工作压力为110kgf/cm²时，可记做 $P_{55}110$ 。

【例题 1-1】 已知管内水蒸汽的工作压力为13kgf/cm²、工作温度为194℃。欲在该管路上安装一个灰铸铁阀门，试问应选用多大公称压力的阀门？

【解】 由表1-6看出，本例介质温度为194℃，接近灰铸铁制品的第二级温度200℃，在此温等级上由表向下查，找到最大工作压力15kgf/cm²，接近本例工作压力13kgf/cm²，再由表向左查，公称压力为16kgf/cm²。因此，应选用 P_g16 的铸铁阀门。

【例题 1-2】 现有一对公称压力为16kgf/cm²的用20号碳素钢制造的法兰，试问该法兰能否安装在介质温度为350℃、工作压力为13kgf/cm²的蒸汽管道上？

【解】 由表1-5的20号碳素钢制品向右查到工作温度350℃，再由表中公称压力一栏中查到16kgf/cm²；然后由350℃向下，由16kgf/cm²向右，在其交叉处查到最大允许工作

压力为11kgf/cm²。但本例工作压力为 13kgf/cm²，因此，这一对法兰，不能安装在这一管道上。

碳素钢及合金钢制件的公称压力和最大工作压力 表 1-5

材 料	介 质 工 作 温 度 (°C)															
A3、A3F	至200	250	275	300	325	350										
10、20、25、35、20g、ZG25	至200	250	275	300	325	350	375	400		425	435	450				
16Mn、ZG20Mn	至200	300	325	350	375	400	410	415		425	435	440	450			
15MnV	至250	300	350	375	400	410	420	430	440	450						
12-15MnMoV、16Mo	至250	350	400	425	450	460	470	480	490	500	510	520				
12CrMo、15CrMo	至250	350	400	425	450	460	470	480	490	500	510	520	525	530	535	540
Cr5Mo	至250	350	400	425	450	475	480	490	500	505	515	525	535	540	545	550
12Cr1MoV 12MoVWBSiRe	至250	350	400	425	450	475	500	510	520	530	540	550	560	570	580	
12Cr2MoWVB	至250	350	400	425	450	475	500	520	540	560	570	580	590	595	600	
1Cr18Ni9Ti Cr18Ni12Mo2Ti	至250	350	400	425	450	475	500	525	545	560	580	600	610	620	630	635
0Cr13、1Cr13、2Cr13	至250	300	350	375	400											
公称压力 (kgf/cm²)	最 大 工 作 压 力 (kgf/cm²)															
1	1	0.9	0.9	0.8	0.8	0.7	0.7	0.6	0.6	0.6	0.5	0.4	0.4	0.4	0.3	0.3
2.5	2.5	2.3	2.1	2	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1	0.9	0.8	0.7
6	6	5.5	5.1	4.8	4.5	4.3	4	3.8	3.6	3.3	3	2.7	2.4	2.1	1.9	1.8
10	10	9.2	8.6	8.1	7.5	7.1	6.7	6.4	6	5.5	5	4.5	4	3.6	3.2	3
16	16	15	14	13	12	11	10.5	10	9.5	9	8	7	6.4	6	5	4.8
25	25	23	21	20	19	18	17	16	15	14	12	11	10	9	8	7.5
40	40	37	34	32	30	28	27	25	24	22	20	18	16	14	13	12
64	64	59	55	52	49	46	44	41	38	35	32	28	25	23	20	19
100	100	92	86	81	76	72	68	64	60	56	50	45	40	36	32	30
160	160	147	137	130	121	115	108	102	96	90	80	72	64	57	51	48
200	200	184	172	162	152	144	136	128	120	112	100	90	80	72	64	60
220	220	202	189	178	167	158	150	140	132	123	110	99	88	79	70	66
250	250	230	215	202	190	180	170	160	150	140	125	112	100	90	80	75
320	320	294	275	259	243	230	217	205	192	179	160	144	128	115	102	96

注：1. 当工作温度为表中温度级的中间值时，可用内插法决定允许最大工作压力；
2. 表中未列的钢号，可用下式进行公称压力与允许最大工作压力的换算：
$$P_{max} = \frac{[\sigma]'}{[\sigma]_t} \cdot P_0, \text{ kgf/cm}^2.$$
 式中， P_{max} ——工作温度下的允许最大工作压力， $[\sigma]'$ ——工作温度下的材料额定许用应力(见表2-11)， $[\sigma]_t$ ——基准温度下的材料额定许用应力。

铸铁制件的公称压力和最大工作压力

表 1-6

材 料 名 称	介 质 工 作 温 度 (°C)					
灰铸铁及可锻铸铁	至120	200	250	300		
耐酸硅铸铁	至120					
球墨铸铁	至120	200	250	300	350	375
公称压力 P_0 (kgf/cm ²)	最 大 工 作 压 力 (kgf/cm ²)					
1	1	1	1	1	0.8	0.7
2.5	2.5	2.5	2	2	1.9	1.6
6	6	5.5	5	5	4.5	4.2
10	10	9	8	8	7.5	7
16	16	15	14	13	12	10
25	25	23	21	20	18	16
40	40	36	34	32	32	28

注：灰铸铁制件一般不用于 P_0 25、40，但灰铸铁氨截止阀可用于 P_0 25。

铜制件的公称压力与最大工作压力

表 1-7

公 称 压 力 P_0 (kgf/cm ²)	介 质 工 作 温 度 (°C)			
	至 120	160	200	250
	最 大 工 作 压 力 (kgf/cm ²)			
1	1	1	1	0.7
2.5	2.5	2.2	2	1.7
6	6	5.5	5	4
10	10	9	8	7
16	16	14	13	11
25	25	22	20	17
40	40	36	32	27
64	64			
100	100			
160	160			
200	200			
250	250			

第三节 工业管道的分类及其特性

工业管道所输送的介质，称类繁多，参数（压力、温度）范围也很大。为了便于设计、施工和运行管理，可按介质的性质和参数，把管道分为不同的种类，以便对不同类别的管道提出不同的要求。

一、按介质压力的分类及其特性

工业管道输送的介质压力范围很大。由接近绝对真空的负压到数百个甚至数千个大气压。例如，我国工业生产中，尿素生产用到的负压达600~730毫米汞柱，而合成氨生产用的正压达320个大气压，聚乙烯生产高达1500或2500个大气压。

按照介质压力，工业管道分为：

1. 低压管道：公称压力不超过 25kgf/cm^2
2. 中压管道：公称压力 $40\sim 64\text{kgf/cm}^2$
3. 高压管道：公称压力 $100\sim 1000\text{kgf/cm}^2$
4. 超高压管道：公称压力超过 1000kgf/cm^2

以上的压力分级，是对工业管道压力的总的分类，并不是对某一特定介质的压力分级。各种特定介质管路有其本身的压力分级，此处不一一介绍。我们常见的水暖管道和动力管道，一般都属于低压管道。

管道在介质压力作用下，必须满足以下主要要求：

1. 具有足够的机械强度。管道所用的管子与管路附件，以及接头构造，都必须在介质压力作用下安全可靠。特别是高压管道，不但介质压力高，而且还产生振动。所以高压管道还必须注意防振加固问题。

2. 具有可靠的密封性。保证管子与管路附件以及连接接头，在介质压力作用下严密不漏。这就必须正确地选用连接方法和密封材料，并进行合理地施工安装。

二、按介质温度的分类及其特性

工业管道所输送的介质温度差异很大。除输送常温介质外，还输送低温介质和高温介质。例如，深冷装置用到 -192°C ，而石油裂解用到 800°C 左右。值得注意的是，管道是在介质温度和压力长期共同作用下工作的。

按照介质温度，工业管道分为：

1. 常温管道：常温一般指 20°C 。但常温管道的划分是以铸铁制件的耐温界限为基准。当工作温度为 $-40^\circ\text{C}\sim 120^\circ\text{C}$ 时，铸铁的机械强度与常温强度相近。通常所说的常温管道是指工作温度为 $-40\sim 120^\circ\text{C}$ 的管道。

2. 低温管道：工作温度在 -40°C 以下。管材已不能采用铸铁和碳钢。

3. 中温管道：工作温度在 $121\sim 450^\circ\text{C}$ 。其上限是按优质碳素钢的最高使用温度确定的。

4. 高温管道：工作温度超过 450°C 。

管道在介质温度作用下，应满足以下主要要求：

1. 管材耐热的稳定性

管材在介质温度的作用下必须稳定可靠。对于同时承受介质温度和压力作用的管道，必须从耐热性能和机械强度两个方面满足工作条件的要求。

金属管材在高温作用下，机械强度下降，产生蠕变（在不变应力作用下，材料不断产生塑性变形）、松弛（压紧力自行减少）和高温氧化（在高温下产生氧化皮而脱落）等现象；并引起金属内部组织的变化，进而引起金属性能的变化。因此，输送高温介质的管材应采用耐热性能好的合金钢或不锈钢。

金属管材在低温作用下，将产生冷脆性，强度降低。因此，输送低温介质的管道，应采用耐低温的钢材或有色金属。

2. 管道热应变的补偿

管道在介质温度及外界温度变化作用下，将产生热变形，并使管子承受热应力的作用。所以，输送热介质的管道，应设有补偿器，以便吸收管子的热变形，减少管道热应力。

3. 管道的绝热保温

管子在介质温度作用下，管壁内外产生温度差，将使介质通过管壁散热（或吸热），并使管壁产生温差应力。介质温度愈高，管壁内外温差愈大，介质散热（或吸热）愈强，管子所承受的温差应力也越大。为了减少管壁的热交换和温差应力，输送冷介质和热介质的管道，在一般情况下，管外应设绝热层。

三、按介质性质的分类及其特性

工业管道的选材、设计和施工的技术要求，主要取决于介质的参数（压力、温度）和性质。按照介质的性质，工业管道可分为：

1. 汽水介质管道

汽水介质是指过热水蒸汽、饱和水蒸汽和冷热水。这类管道在工业与民用建筑中最为普遍。

汽水介质属于不可燃的惰性介质，对管材没有特殊要求，主要应根据工作压力和温度进行选材，保证管道具有足够的机械强度和耐热的稳定性。同时应注意管路的热补偿、绝热保温和蒸汽凝结水的排除与回收。

对于其它惰性气体、不可燃的液体及其蒸汽，如压缩空气、氮气、碱液、冷却剂等，对管道本身的要求可与汽水介质归于一类。

2. 腐蚀性介质管道

在工业管道所送的介质中，有许多腐蚀性介质。如，硫酸、硝酸、盐酸、磷酸、苛性碱、氯化物、硫化物等等。管道在腐蚀性介质作用下，管壁受介质腐蚀而减薄或受到破坏。因此，输送腐蚀性介质的管道，所用管材必须具有耐腐蚀的化学稳定性。

在工程上常以介质每年对材料的腐蚀深度来标志介质对材料的腐蚀程度，称为腐蚀速度，单位用mm/年表示。腐蚀速度愈高则材料的耐蚀性愈差。按照介质对材料的腐蚀速度不同，将介质分为三类：

（1）低（弱）腐蚀性介质：其对材料的腐蚀速度不超过0.1mm/年；

（2）中腐蚀性介质：其对材料的腐蚀速度为0.1~1mm/年；

（3）高（强）腐蚀性介质：其对材料的腐蚀速度超过1mm/年。

这里要特别注意的是，同一介质对不同材料的腐蚀速度是不同的。某一介质的腐蚀类别究竟属于低、中、高哪一种，要由输送该介质的管材来决定。例如，浓度为30%的硝酸，对碳素钢的腐蚀速度超过125mm/年，为高腐蚀性介质；而同样的硝酸对镀铬不锈钢的腐蚀速度仅为0.007mm/年，为低腐蚀性介质。

另外，在习惯上一般泛称低、中、高腐蚀介质时，是以介质对碳素钢的腐蚀程度为基准的。凡是用碳素钢管能耐蚀的介质均称为低腐蚀性介质。在一般情况下，冷热水、蒸汽、空气、煤气、氧气、乙炔、碱液、常温油品、制冷剂、惰性气体等，属于低腐蚀性介质。

在许多情况下，非金属材料的耐蚀性能要比金属材料高，在输送腐蚀性介质时，应优先选用非金属管材。

3. 化学危险品介质管道

在工业管道所输送的介质中，有许多化学危险品。例如，毒性介质（氯、氰化钾、氨、沥青、煤焦油等等）、可燃与易燃易爆介质（油品油气、水煤气、氢气、乙炔、乙

烯、丙烯、甲醇、乙醇等等），以及窒息性、刺激性、腐蚀性、易挥发性介质等等。这些介质能发生燃烧、爆炸、腐蚀灼伤、致命等事故。因此，输送这类介质的管道，除必须保证足够机械强度外，还应满足以下要求：

（1）密封性好。严禁泄漏，对危险介质，多采用无缝管材；

（2）安全性高。管路系统应设置防止意外事故发生的安全装置，如安全阀、水封、爆破膜、阻火器、静电接地装置等。

（3）放空与排泄快。在停工或发生事故时，能迅速地将介质排放于专门设备或大气中。

4. 易凝固易沉淀介质管道

有一些介质在用管道输送过程中，由于介质向外散热，温度降低，介质粘度增加，以致产生凝固和结晶沉淀现象。例如重油、沥青在输送过程中产生凝固现象；苯、尿素溶液在输送过程中易析出结晶沉淀物。由于介质的凝固和沉淀，介质流动受到阻碍，并使介质不符合工艺要求。因此，对输送这类介质的管道，应采取以下的特殊措施：

（1）管道的伴热与保温

在输送易凝固易沉淀介质时，必须保证管内介质温度不低于凝固或结晶沉淀温度，这就要求减少管道向外散热。为此，常采取管外保温和另外加装伴热管的办法，来保持介质温度。

（2）管道的吹洗

输送易凝固易沉淀介质的管道，除考虑伴热和保温外还应采取蒸汽吹洗的办法，进行扫线。常利用伴热管作为扫线吹洗管。

5. 粉粒介质管道

在工业管道所输送的介质中，有一些固体物料，其绝大多数是粉粒介质。这种介质是在悬浮状态下输送的。它有两个主要特点：一是在输送过程中容易沉降而障碍流动，二是对管壁产生撞击引起磨损。为此，对管道提出以下要求：

（1）选用合适的输送速度，使介质既不沉降，又减少磨损；

（2）管道的受阻部件和转弯处，应做成便于介质流动的形状，并适当加厚管壁或敷设耐磨材料。

综上所述，工业管道与生产工艺过程密切相关，所输送的介质类别繁多，参数范围很大。因此，所使用的管子与管路附件的品种很多，安装工艺也复杂。

第二章 钢管与法兰

钢管是工业管道中使用范围最广、用量最大的管材。

在钢制管道的设计和施工中，首先要解决的问题，就是钢管及其连接件的选择和使用问题。本章将重点介绍管道工程所用钢管、法兰、垫片、紧固件的种类、特点和适用条件，以及如何根据介质的性质和参数，合理地选用钢管及法兰连接件。

第一节 钢管按钢种的分类

钢管按照制造时所用钢种的不同，分为以下几种：

一、碳素钢管

碳素钢管是用普通碳素钢或优质碳素结构钢制造的。常用普通碳素钢中的A3(甲类 3号镇静钢)和A3F(甲类 3号沸腾钢)、优质碳素结构钢中的10号或20号钢来制造管道用钢管。

用上述钢号制造的钢管，机械性能稳定，具有足够的塑性和韧性，加工性能良好，可用任何方法进行冷加工和热加工。特别是这种钢管具有良好的可焊性，在常温下可直接进行电焊、气焊和气割，一般不需要采取预热和热处理措施。

A3和A3F钢使用温度 $-20\sim 300^{\circ}\text{C}$ 。适于公称压力不超过 16kgf/cm^2 的管道。手工电焊采用结422焊条，气焊采用H08(焊08)焊丝。

10和20号钢使用温度 $-40\sim 475^{\circ}\text{C}$ 。在 450°C 以下的低、中压管道中大量使用这两种管材。手工电焊采用结422或结426、结427焊条，气焊采用H08A(焊08高)焊丝。当工作温度不超过 200°C 时，20号钢也可用于工作压力不超过 320kgf/cm^2 的高压管道。

碳素钢管的耐蚀性和耐热性不够高。一般用来输送常温或中温弱腐蚀性介质。在工厂企业中，适于用碳素钢管输送的介质很多，例如水蒸汽、冷热水、煤气、天然气、燃料油、压缩空气、氧气、氮气、乙炔、碱液、乳化液、制冷剂等等。此外，还可以在碳素钢管内部衬以耐腐蚀材料制成衬里钢管，这就更加提高了碳素钢管的使用范围。所以，在管道工程中碳素钢管的用量最多，约占工厂管道总量的百分之七十左右。

二、合金钢管

在管道工程中习惯上所说的合金钢管是指低合金钢管，而高合金钢管通常归于不锈钢管。

一般采用低合金钢中的珠光体耐热钢来制造钢管。其主要特点是高强耐热，并具有一定的耐蚀性。常用钢号如下：

1. 12CrMo和15CrMo(12铬钼和15铬钼)

12CrMo和15CrMo钢具有足够的蠕变强度和抗氧化能力。因此，耐热性能较好。并具有一定的抗氢抗硫作用。主要用于输送高温高压汽水介质和中温中压含氢介质(如半水煤

气、氢氮合成气等)以及高温油品油气。

12CrMo钢使用温度350~540°C, 15CrMo钢使用温度350~560°C。这两种钢的冷加工性能良好, 可进行冷切和冷弯。也可热弯, 但热弯后需经850~900°C的正火处理。焊接性能较好, 可进行电焊和气焊。手工电焊时, 12CrMo钢采用热207焊条, 15CrMo钢采用热307焊条。电焊前, 无论是定位点焊或正式焊接, 均应预热。预热温度12CrMo钢为150~300°C, 15CrMo钢为250~350°C(壁厚小于6毫米的小口径管子可不预热)。电焊后需进行680~720°C的回火处理。手工气焊时, 采用H12CrMo(焊12铬钼)焊丝, 焊后进行950°C的正火处理。

2.12Cr1MoV(12铬1钼钒)

12Cr1MoV钢由于含有钒提高了组织稳定性, 耐热性能高于12CrMo和15CrMo, 使用温度350~580°C。主要用于高温高压汽水介质管道。这种钢的加工性能与焊接性能和12CrMo钢相近。手工电焊采用热317焊条, 焊前预热到250~350°C, 焊后进行730~760°C的回火处理。手工气焊采用H08CrMoV(焊08铬钼钒)焊丝, 焊后进行1000~1020°C正火及740~760°C回火处理。

和12Cr1MoV钢性能相近的钢号还有12CrMoV。

3.12Cr2MoWVB和12Cr3MoVSiTiB(12铬2钼钨钒硼和12铬3钼钒硅钛硼)

12Cr2MoVB和12Cr3MoVSiTiB钢是立足于国内资源的无镍少铬高压耐热抗氢用钢。它具有良好的抗氧化性和持久塑性。因此, 耐热性能较高, 主要用于超高参数的汽水介质管道和高压化肥管道。

12Cr2MoWVB(简称钢102)钢的最高使用温度为620°C。手工电焊采用热347焊条。焊前预热到250~300°C, 焊后需经760~780°C回火处理, 在石棉保温中缓冷。气焊采用08Cr2MoVNb焊丝, 焊后进行1000±30°C正火加760~780°C回火处理。

12Cr3MoVSiTiB钢的最高使用温度为650°C。手工电焊采用新热407VNb焊条, 焊前预热到250~300°C, 焊后经740~780°C正火加740~780°C回火处理。

4.Cr2Mo和Cr5Mo(铬2钼和铬5钼)

Cr2Mo和Cr5Mo钢在含硫氧化气氛中和对高温石油产品有很好的耐热性和耐腐蚀性。主要用于输送石油化学工业中的高温油品油气以及氢氮腐蚀性介质。

Cr2Mo钢使用温度400~600°C。手工电焊采用热407焊条, 焊前预热到300°C左右, 焊后需经720~750°C回火处理。

Cr5Mo钢使用温度400~650°C。手工电焊采用热507焊条, 焊前预热到350~400°C, 焊后进行740~760°C回火处理缓冷。手工气焊可采用HCr5Mo焊丝, 焊后进行740~760°C回火处理。

上面所介绍的七种低合金耐热钢管在手工电焊时, 如采用耐热钢焊条(如热207、热307、热407、热507), 焊前需预热, 焊后必须热处理, 施工过程比较复杂。为便于施工, 也可以采用奥氏体不锈钢焊条(奥107, 奥137)。此时, 焊前可不预热, 焊后不需作热处理, 施工比较方便。但奥氏体不锈钢焊条价格较高。

三、不锈钢耐酸钢钢管

不锈钢耐酸钢在习惯上简称不锈钢, 又叫白钢。但严格的区分不锈钢是指在大气中能抵抗腐蚀而不生锈的钢, 耐酸钢是在酸碱等化学侵蚀介质中能抵抗腐蚀的钢。不锈钢耐酸钢管

不但具有较高的耐蚀性，而且具有良好的耐高温耐低温的性能。主要用于输送强腐蚀性介质和防止污染的介质（如医药介质、食品介质等）以及高温和低温介质管道上。

在管道工程中，常用下列不锈钢耐酸钢管。

1.1Cr13（1 铬13）

1Cr13属于半马氏体不锈钢。具有较高的韧性和冷变形性能。在700℃以下具有足够的强度和热稳定性。在腐蚀性不太高的介质中，如盐水溶液、冷硝酸以及某些浓度不高的有机酸，温度不超过30℃的条件下有良好的耐蚀性。对淡水、海水、氨水溶液、蒸汽、湿空气和热的石油产品也有足够的耐蚀能力。可用于输送清洁度较高而又要求防止污染的介质和腐蚀性不高的有机酸、碱等。还常用于高温介质的法兰垫片。

和1Cr13性能相近的钢号还有0Cr13和2Cr13。

0-2Cr13钢的使用温度-20~600℃，最高不得超过700℃。但在375~475℃略有热脆性，应避免在这一温度区间使用。

这种钢焊接性能中等。手工电焊采用铬钢焊条中的铬202或铬207，焊前需预热250~350℃，焊后经700~730℃回火处理。如采用奥氏体不锈钢焊条中的奥102或107，焊前可不预热，焊后在焊缝处需要加工时则应进行退火处理。

2.1Cr18Ni9Ti（1 铬18镍9 钛）

1Cr18Ni9Ti钢是一种应用极广的奥氏体不锈钢耐酸耐热钢，简称18-8Ti钢。由于钢中含有钛，促使碳化物稳定，故具有较高的抗晶间腐蚀能力。在不同温度和浓度的各种强腐蚀性介质中均有良好的耐蚀性。广泛用于硝酸、硝酸铵、合成氨、合成纤维、制碱、甲醇、医药、轻工等工业生产中。是不锈钢耐酸钢中应用最广的一个钢号。

1Cr18Ni9Ti钢使用温度-196~700℃，最高不得超过800℃。焊接性能良好，手工电焊采用奥132或奥137焊条，焊后不经热处理，仍有良好的耐蚀性。

和1Cr18Ni9Ti性能相近的钢号还有0Cr18Ni9Ti和0Cr18Ni10Ti。

3.Cr25Ti（铬25 钛）

Cr25Ti属于铁素体耐酸耐热钢。对起氧化作用的酸类，尤其对一定浓度和温度的硝酸，具有良好的耐蚀性能。此外，也耐碱性溶液、无氯盐水、油脂、苯等介质的腐蚀。适于硝酸厂、硝酸铵厂、维尼纶厂、以及腐蚀性不强而要求防污染的设备和管道，用以代替1Cr18Ni9Ti钢。主要用于薄壁常压高温设备与管道。

Cr25Ti钢的韧性较差，不宜在3 kgf/cm²以上的压力下使用。耐高温的性能较好，可在1000~1100℃以下使用，但不宜在0℃以下低温使用。焊接性能良好，采用奥132或奥137焊条，焊前可不预热，焊后不需热处理，而无晶间腐蚀倾向。

和Cr25Ti钢性能相近的钢号还有0Cr17Ti和1Cr17Ti。

4.Cr18Ni12Mo2Ti和Cr18Ni13Mo2Ti

（铬18镍12钼2 钛和铬18镍13钼3 钛）

Cr18Ni12Mo2Ti和Cr18Ni13Mo2Ti（简称Mo2Ti）是用途较广的奥氏体耐酸钢，由于在钢中加入了2%的钼，显著提高了对各种有机与无机酸、碱、盐的耐蚀性。特别是在还原性介质中，具有比1Cr18Ni9Ti更高的耐腐能力。又因含有钛，无晶间腐蚀倾向。主要用于输送耐蚀要求比1Cr18Ni9Ti更高的尿素、维尼纶、医药等工业生产中的强腐蚀性介质。